



EPS

Escola Politècnica
Superior

Projecte/Treball Fi de Carrera

Estudi: Enginyeria Tècn. Ind. Química Ind. Pla 2002

Títol: Estudi de la recuperació de la calor de les aigües residuals urbanes per la climatització d'una piscina

Document: B. Annex econòmic

Alumne: Albert Fàbrega Coll

Director/Tutor: Xavier Llauró Fabregas

Departament: Eng. Química, Agrària i Tecn. Agroalimentària

Àrea: Enginyeria Química

Convocatòria (mes/any): Setembre 2012

ÍNDIX

| | | |
|-----------------|---|-----------|
| B. | ANNEX ECONÒMIC | 4 |
| B.1. | Introducció de l'estudi econòmic..... | 4 |
| B.1.1. | Estimacions de les necessitats que cobreix cada un dels equips en les diverses instal·lacions que es comparen..... | 4 |
| B.1.2. | Import de l'energia durant el primer any de la instal·lació | 9 |
| B.1.3. | Comparació de econòmica..... | 12 |
| B.1.3.1. | Comparació de econòmica: Instal·lació A..... | 13 |
| B.1.3.2. | Comparació de econòmica: Instal·lació C1..... | 15 |
| B.1.3.3. | Comparació de econòmica: Instal·lació C2..... | 18 |
| B.2. | Rendibilitat econòmica | 22 |

ÍNDIX TAULES

| | | |
|-----------|---|----|
| Taula 1. | Estimació de les despeses que cobreix la unitat de condicionament de la instal·lació. | 5 |
| Taula 2. | Estimació de les despeses que cobreix les bombes de calor de la instal·lació..... | 6 |
| Taula 3. | Estimació de les despeses que cobreix la caldera de pèl·lets. | 6 |
| Taula 4. | Aportació dels diferents equips de la instal·lació (A) mensuals per cobrir totes les necessitats de la instal·lació. | 7 |
| Taula 5. | Aportació dels diferents equips de la instal·lació (C1) i (C2) mensuals per cobrir totes les necessitats de la instal·lació. | 8 |
| Taula 6. | Estimació de l'energia consumida i l'import de l'energia consumida en € mensual durant el primer any de funcionament de la instal·lació per la unitat de condicionament de la instal·lació. | 9 |
| Taula 7. | Estimació de l'energia consumida i l'import de l'energia consumida en € mensual durant el primer any de funcionament de la instal·lació per les bombes de calor de la instal·lació. | 10 |
| Taula 8. | Estimació de l'energia consumida i l'import de l'energia consumida en € mensual durant el primer any de funcionament de la instal·lació per la caldera de pèl·lets..... | 11 |
| Taula 9. | Resum de l'import de l'energia consumida per els equips en el primer any de funcionament de la instal·lació. | 11 |
| Taula 10. | Resum de l'import de l'energia consumida per els equips en el primer any de funcionament de la instal·lació. | 12 |
| Taula 11. | Resum de l'import de l'energia consumida per els equips en el primer any de funcionament de la instal·lació. | 12 |
| Taula 12. | Inversió inicial de la instal·lació A. | 13 |
| Taula 13. | Import de l'energia consumida anuals per cobrir les necessitats de la instal·lació A. | 14 |
| Taula 14. | Acumulació de l'import total (inversió, manteniment i l'import de l'energia) durant els 20 anys de vida de la instal·lació A. | 15 |
| Taula 15. | Inversió inicial de la instal·lació C1. | 16 |
| Taula 16. | Import total anual de l'energia consumida anuals per cobrir les necessitats de la instal·lació C1. | 16 |
| Taula 17. | Acumulació de l'import total acumulat (inversió, manteniment i l'import de l'energia) durant els 20 anys de vida de la instal·lació C1..... | 18 |
| Taula 18. | Inversió inicial de la instal·lació C2. | 18 |
| Taula 19. | Import de l'energia consumida anuals per cobrir les necessitats de la instal·lació C1. | 19 |
| Taula 20. | Acumulació de l'import total acumulat (inversió, manteniment i l'import de l'energia) durant els 20 anys de vida de la instal·lació C2..... | 20 |
| Taula 21. | Comparació de cada any de l'import total acumulat de la instal·lació segons sigui opció A, C1, C2. | 21 |
| Taula 22. | Flux de caixa de la instal·lació escollida. | 23 |
| Taula 23. | Resultats del VAN, TIR, PR de la instal·lació escollida..... | 23 |

ÍNDIX GRÀFICS

- Gràfic 1. Aportacions estimades de cada generador per cobrir les necessitats de la instal·lació..... 7
- Gràfic 2. Aportacions estimades de cada generador per cobrir les necessitats de la instal·lació..... 8
- Gràfic 3. Comparació de l'import total acumulat segons l'opció per cobrir la instal·lació sigui A, C1, C2. 21

B. ANNEX ECONÒMIC

B.1. Introducció de l'estudi econòmic

En l'annex econòmic es compara la rendibilitat al llarg del temps d'un sistema de recuperació de la calor de les aigües del clavegueram complementat amb una caldera de pèl·lets enfront als sistemes de generació de calor convencionals (caldera de gas natural o gasoil).

D'entrada, el sistema de recuperació de calor de les aigües del clavegueram requereix d'una inversió inicial i té un cost de manteniment més elevat però incorpora uns elements alternatius que impliquen un estalvi d'energia.

Les tres instal·lacions que es comparen, es descriuen a continuació:

- **A (instal·lació escollida)**: la instal·lació per cobrir les necessitats està composta per un intercanviador de calor que recupera la calor de les aigües residuals urbanes (ARU), dues bombes de calor, una unitat de condicionament de l'aire de la piscina i una caldera de biomassa.
- **C1 (instal·lació convencional utilitzant una caldera de gas natural)**: la instal·lació per cobrir les necessitats està composta per una unitat de condicionament de l'aire de la piscina i una caldera de gas natural.
- **C2 (instal·lació convencional utilitzant una caldera de gasoil C)**: la instal·lació per cobrir les necessitats està formada per una unitat de condicionament de l'aire de la piscina i una caldera de gasoil C.

B.1.1. Estimacions de les necessitats que cobreix cada un dels equips en les diverses instal·lacions que es comparen

En l'estudi s'ha inclòs les estimacions de les necessitats que cobreixen cada un dels equips i el resum d'aquestes.

Per la instal·lació A

L'estimació de les despeses que cobreix la unitat de condicionament de l'aire de la piscina es mostren a continuació (Taula 1).

Taula 1. Estimació de les despeses que cobreix la unitat de condicionament de la instal·lació. En la taula es reflecteixen els valors mensuals de d (dies que compren el mes), $Q_{ca \text{ sala pisc.}}$ (estimació de la despesa de calefacció de la sala de la piscina que es cobreix amb la unitat de condicionament, expressada, en kWh/mes), Q_{vas} (estimació de la despesa del vas de la piscina que es cobreix amb la unitat de condicionament, expressada en kWh/mes) i $Q_{aportat}$ per la UdC (energia aportada per la unitat de condicionament de l'aire de la piscina, expressada en kWh/mes).

| Mes | d (dia/mes) | $Q_{ca \text{ sala pisc.}}$ que es cobreix amb UdC (kWh/mes) | Q_{vas} que es cobreix amb UdC (kWh/mes) | $Q_{aportat}$ per la UdC(kWh/mes) |
|------------------------|----------------|---|---|--------------------------------------|
| Gener | 31 | 30.013 | 8.370 | 38.383 |
| Febrer | 29 | 26.573 | 7.830 | 34.403 |
| Març | 31 | 25.343 | 8.370 | 33.713 |
| Abril | 30 | 22.451 | 8.100 | 30.551 |
| Maig | 31 | 17.150 | 8.370 | 25.520 |
| Juny | 30 | 11.633 | 8.100 | 19.733 |
| Juliol | 31 | 6.738 | 8.370 | 15.108 |
| Agost | 31 | 6.738 | 8.370 | 15.108 |
| Setembre | 30 | 13.633 | 8.100 | 21.733 |
| Octubre | 31 | 18.069 | 8.370 | 26.439 |
| Novembre | 30 | 24.007 | 8.100 | 32.107 |
| Desembre | 31 | 29.018 | 8.370 | 37.388 |
| Anual (kWh/any) | | 231.364 | 98.820 | 330.184 |

Pel que fa a l'estimació de les despeses que cobreixen les bombes de calor de la instal·lació que aprofiten la calor de les aigües residuals es resumeixen en la següent taula (Taula 2):

Taula 2. Estimació de les despeses que cobreix les bombes de calor de la instal·lació. En la taula es reflecteixen els valors mensuals de d (dies que compren el mes), Q_{ACS} (estimació de la despesa per la producció d'ACS que es cobreix amb les bombes de calor, expressada en kWh/mes), $Q_{caannexes}$ (estimació de la despesa de calefacció de les sales annexes que es cobreix amb les bombes de calor, expressada en kWh/mes), Q_{vas} (estimació de la despesa del vas de la piscina, que es cobreix amb les bombes de calor, expressada en kWh/mes) i $Q_{aportat}$ (energia aportada per les bombes de calor, expressada en kWh/mes).

| Mes | d (dia/mes) | Q_{ACS} que es cobreix amb la BdC(kWh/mes) | $Q_{caannexes}$ que es cobreix amb la BdC(kWh/mes) | Q_{vas} que es cobreix amb la BdC (kWh/mes) | $Q_{aportat}$ per la BdC (kWh/mes) |
|------------------------|-------------|--|--|---|------------------------------------|
| Gener | 31 | 18.928 | 8.320 | 44.011 | 71.259 |
| Febrer | 29 | 17.707 | 7.259 | 41.089 | 66.055 |
| Març | 31 | 18.387 | 6.693 | 41.959 | 67.039 |
| Abril | 30 | 16.747 | 5.755 | 38.283 | 60.785 |
| Maig | 31 | 16.224 | 3.840 | 36.936 | 57.000 |
| Juny | 30 | 14.654 | 1.987 | 33.722 | 50.363 |
| Juliol | 31 | 14.601 | 213 | 33.495 | 48.309 |
| Agost | 31 | 15.142 | 213 | 34.408 | 49.763 |
| Setembre | 30 | 15.701 | 2.684 | 36.097 | 54.482 |
| Octubre | 31 | 17.305 | 4.160 | 39.596 | 61.061 |
| Novembre | 30 | 17.271 | 6.297 | 40.459 | 64.027 |
| Desembre | 31 | 18.928 | 7.973 | 43.705 | 70.606 |
| Anual (kWh/any) | | 201.594 | 55.393 | 463.763 | 720.750 |

Les despeses que cobreix la caldera de pèl·lets s'estimen a continuació (Taula 3):

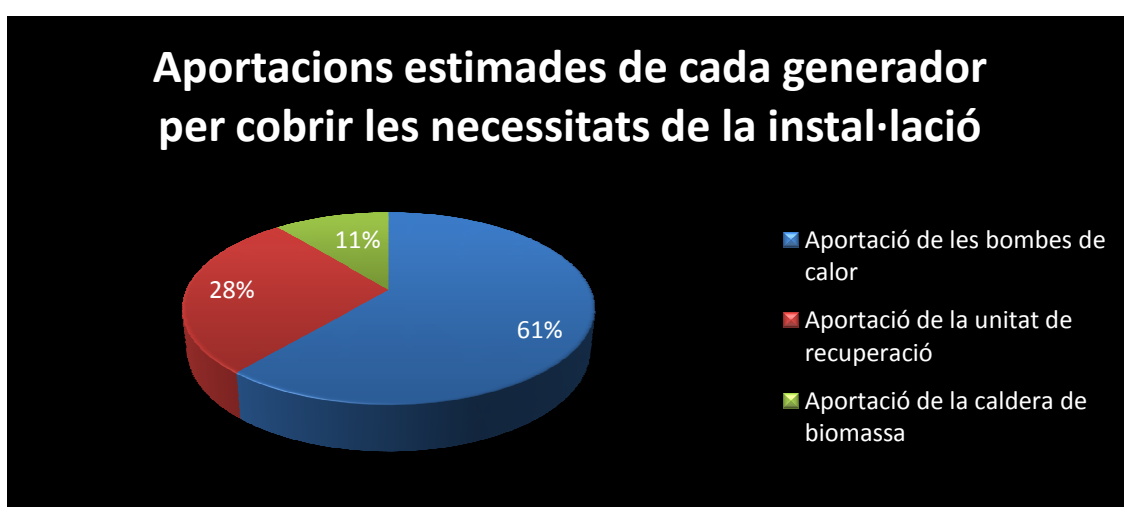
Taula 3. Estimació de les despeses que cobreix la caldera de pèl·lets. En la taula es reflecteixen els valors mensuals de d (dies que compren el mes) i $Q_{aportat}$ (energia aportada per la caldera de biomassa, expressada en kWh/mes)

| Mes | d (dia/mes) | $Q_{aportat}$ per la CdB (kWh/mes) |
|------------------------|-------------|------------------------------------|
| Gener | 31 | 10.816 |
| Febrer | 29 | 10.118 |
| Març | 31 | 10.816 |
| Abril | 30 | 10.467 |
| Maig | 31 | 10.816 |
| Juny | 30 | 10.467 |
| Juliol | 31 | 10.816 |
| Agost | 31 | 10.816 |
| Setembre | 30 | 10.467 |
| Octubre | 31 | 10.816 |
| Novembre | 30 | 10.467 |
| Desembre | 31 | 10.816 |
| Anual (kWh/any) | | 127.697 |

El resum de les aportacions dels diferents equips per cobrir les necessitats de la instal·lació A es poden observar a continuació (Taula 4; Gràfic 1).

Taula 4. Aportació dels diferents equips de la instal·lació (A) mensuals per cobrir totes les necessitats de la instal·lació. En la taula es reflecteixen els valors de Q_{total} (despesa energètica de la instal·lació per cobrir totes les necessitats de la instal·lació, expressada en kWh/mes), aportació d'energia amb la caldera de biomassa (kWh/mes), aportació d'energia amb la unitat de condicionament de l'aire (kWh/mes) i l'aportació d'energia amb de la bomba de calor (kWh/mes).

| Mes | Q_{total} (kWh/mes) | Aportació de la CdBiomassa (kWh/mes) | Aportació de la U. de cond. de l'aire (kWh/mes) | Aportació de la Bomba de calor (kWh/mes) |
|----------------------------|--------------------------|---|---|--|
| Gener | 120.457 | 10.816 | 38.383 | 71.259 |
| Febrer | 110.576 | 10.118 | 34.403 | 66.055 |
| Març | 111.568 | 10.816 | 33.713 | 67.039 |
| Abril | 101.803 | 10.467 | 30.551 | 60.785 |
| Maig | 93.336 | 10.816 | 25.520 | 57.000 |
| Juny | 80.562 | 10.467 | 19.733 | 50.363 |
| Juliol | 74.234 | 10.816 | 15.108 | 48.309 |
| Agost | 75.687 | 10.816 | 15.108 | 49.763 |
| Setembre | 86.681 | 10.467 | 21.733 | 54.482 |
| Octubre | 98.316 | 10.816 | 26.439 | 61.061 |
| Novembre | 106.600 | 10.467 | 32.107 | 64.027 |
| Desembre | 118.810 | 10.816 | 37.388 | 70.606 |
| Anual (kWh/any) | 1.178.632 | 127.697 | 330.184 | 720.750 |



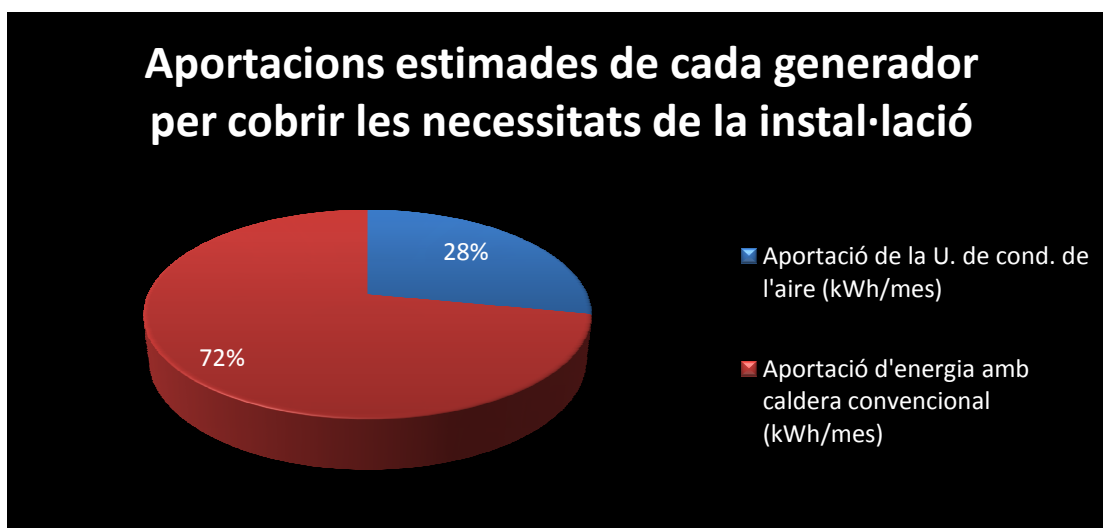
Gràfic 1. Aportacions estimades de cada generador per cobrir les necessitats de la instal·lació.

Per la instal·lació C1 i C2.

Les aportacions dels diferents equips per cobrir les necessitats de les instal·lacions C1 i C2 es poden observar a continuació (Taula 5; Gràfic 2).

Taula 5. Aportació dels diferents equips de la instal·lació (C1) i (C2) mensuals per cobrir totes les necessitats de la instal·lació. En la taula es reflecteixen els valors de Q_{total} (despesa energètica de la instal·lació per cobrir totes les necessitats de la instal·lació, expressada en kWh/mes), l'aportació d'energia amb la unitat de condicionament de l'aire (kWh/mes) i l'aportació d'energia amb la caldera de convencional (kWh/mes).

| Mes | Q_{total} (kWh/mes) | Aportació de la U. de cond. de l'aire (kWh/mes) | Aportació d'energia amb caldera convencional (kWh/mes) |
|------------------------|-----------------------|---|--|
| Gener | 120.457 | 38.383 | 82.074 |
| Febrer | 110.576 | 34.403 | 76.173 |
| Març | 111.568 | 33.713 | 77.855 |
| Abril | 101.803 | 30.551 | 71.252 |
| Maig | 93.336 | 25.520 | 67.816 |
| Juny | 80.562 | 19.733 | 60.829 |
| Juliol | 74.234 | 15.108 | 59.126 |
| Agost | 75.687 | 15.108 | 60.579 |
| Setembre | 86.681 | 21.733 | 64.948 |
| Octubre | 98.316 | 26.439 | 71.877 |
| Novembre | 106.600 | 32.107 | 74.493 |
| Desembre | 118.810 | 37.388 | 81.422 |
| Anual (kWh/any) | 1.178.632 | 330.184 | 848.448 |



Gràfic 2. Aportacions estimades de cada generador per cobrir les necessitats de la instal·lació.

B.1.2. Import de l'energia durant el primer any de la instal·lació

Per poder calcular l'import d'energia consumida durant el primer any de la instal·lació s'han fixat unes dades de partida que serviran com a base pel càlcul.

- Preu actual del kWh elèctric: 0,170566 €/kWh
- Preu actual del gas natural: 7,1146 c€/kWh
- Preu actual del gasoil C: 0,1059 €/kWh
- Preu actual dels pèl·lets (Lignus): 0,18 €/kg

Instal·lació A.

Es calcula l'import de l'energia consumida en euros (€), del primer any de funcionament de la instal·lació, per cada un dels equips que cobreixen les necessitats de la instal·lació.

En la taula (Taula 6) s'observa l'estimació de l'electricitat consumida per cobrir les necessitats i l'import de l'electricitat consumida (€) per la unitat de condicionament de l'aire de la piscina de la instal·lació, tenint en compte que la unitat té un consum nominal d'electricitat de 31 kW i funciona durant 15 hores diàries.

Taula 6. Estimació de l'energia consumida i l'import de l'energia consumida en € mensual durant el primer any de funcionament de la instal·lació per la unitat de condicionament de la instal·lació. En la taula es reflecteixen els valors mensuals de d (dies que compren el mes), Electricitat consumida (kWh/mes) i l'import de l'electricitat consumida (€).

| Mes | d (dia/mes) | Electricitat consumida (kWh/mes) | Import de l'electricitat consumida (€) |
|--------------|-------------|----------------------------------|--|
| Gener | 31 | 14.415 | 2.451 |
| Febrer | 29 | 13.485 | 2.292 |
| Març | 31 | 14.415 | 2.451 |
| Abril | 30 | 13.950 | 2.372 |
| Maig | 31 | 14.415 | 2.451 |
| Juny | 30 | 13.950 | 2.372 |
| Juliol | 31 | 14.415 | 2.451 |
| Agost | 31 | 14.415 | 2.451 |
| Setembre | 30 | 13.950 | 2.372 |
| Octubre | 31 | 14.415 | 2.451 |
| Novembre | 30 | 13.950 | 2.372 |
| Desembre | 31 | 14.415 | 2.451 |
| Anual | | 170.190 | 28.932 |

L'estimació de l'electricitat consumida per cobrir les necessitats i l'import de l'electricitat consumida (€) per les bombes de calor de la instal·lació, tenint en compte que el coeficient d'eficiència energètica (COP) de les bombes de calor és de 3,75, es mostra a continuació (Taula 7):

Taula 7. Estimació de l'energia consumida i l'import de l'energia consumida en € mensual durant el primer any de funcionament de la instal·lació per les bombes de calor de la instal·lació. En la taula es reflecteixen els valors mensuals de d (dies que compren el mes), Electricitat consumida (kWh/mes) i l'import de l'electricitat consumida (€).

| Mes | d (dia/mes) | Electricitat consumida (kWh/mes) | Import de l'electricitat consumida (€) |
|--------------|-------------|----------------------------------|--|
| Gener | 31 | 19.002 | 3.230 |
| Febrer | 29 | 17.615 | 2.995 |
| Març | 31 | 17.877 | 3.039 |
| Abril | 30 | 16.209 | 2.756 |
| Maig | 31 | 15.200 | 2.584 |
| Juny | 30 | 13.430 | 2.283 |
| Juliol | 31 | 12.882 | 2.190 |
| Agost | 31 | 13.270 | 2.256 |
| Setembre | 30 | 14.529 | 2.470 |
| Octubre | 31 | 16.283 | 2.768 |
| Novembre | 30 | 17.074 | 2.903 |
| Desembre | 31 | 18.828 | 3.201 |
| Anual | | 192.200 | 32.674 |

A continuació es mostra l'estimació de l'energia consumida i l'import de l'energia consumida (€) per la caldera de pèl·lets de la instal·lació, tenint en compte que la caldera de pèl·lets té un rendiment del 93% i el poder calorífic interior del pèl·let (biocombustible) és de 4.536 kcal/kg (Taula 8).

Taula 8. Estimació de l'energia consumida i l'import de l'energia consumida en € mensual durant el primer any de funcionament de la instal·lació per la caldera de pèl·lets. En la taula es reflecteixen els valors mensuals de d (dies que compren el mes), Energia aportada per la caldera de biomassa (kWh/mes), energia consumida per la caldera de biomassa (kWh/mes), consum de pèl·lets (kg) i l'import dels pèl·lets (€).

| Mes | d (dia/mes) | Energia aportada per la CdB (kWh/mes) | Energia consumida per la CdB (kWh/mes) | Consum de pèl·lets (kg) | Import kg de pèl·lets (€) |
|--------------|----------------|---|---|----------------------------|------------------------------|
| Gener | 31 | 10.816 | 11.573 | 2.194 | 395 |
| Febrer | 29 | 10.118 | 10.826 | 2.052 | 369 |
| Març | 31 | 10.816 | 11.573 | 2.194 | 395 |
| Abril | 30 | 10.467 | 11.200 | 2.123 | 382 |
| Maig | 31 | 10.816 | 11.573 | 2.194 | 395 |
| Juny | 30 | 10.467 | 11.200 | 2.123 | 382 |
| Juliol | 31 | 10.816 | 11.573 | 2.194 | 395 |
| Agost | 31 | 10.816 | 11.573 | 2.194 | 395 |
| Setembre | 30 | 10.467 | 11.200 | 2.123 | 382 |
| Octubre | 31 | 10.816 | 11.573 | 2.194 | 395 |
| Novembre | 30 | 10.467 | 11.200 | 2.123 | 382 |
| Desembre | 31 | 10.816 | 11.573 | 2.194 | 395 |
| Anual | | 127.697 | 136.636 | 25.901 | 4.662 |

Així doncs, l'import de l'energia consumida per els equips en el primer any de funcionament de la instal·lació (A) és de **66.268 €** tal i com es pot observar en la taula següent (Taula 9).

Taula 9. Resum de l'import de l'energia consumida per els equips en el primer any de funcionament de la instal·lació.

| Equip | Aportació d'energia (kWh/any) | Energia consumida (kWh/any) | L'import de l'energia consumida (€) |
|------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--|
| Unitat de condicionament de l'aire | 330.184 | 170.190 | 28.932 |
| Caldera de biomassa | 127.697 | 136.636 | 4.662 |
| Bombes de calor | 720.750 | 192.200 | 32.674 |
| TOTAL | 1.178.632 | 499.026 | 66.268 |

Instal·lació C1.

L'import de l'energia consumida pels equips en el primer any de funcionament de la instal·lació (C1) és de **92.314 €** tal i com s'observa en la taula següent (Taula 10). En el càlcul s'ha considerat que el rendiment de la caldera de gas natural és del 95%.

Taula 10. Resum de l'import de l'energia consumida per els equips en el primer any de funcionament de la instal·lació.

| Equip | Aportació d'energia (kWh/any) | Energia consumida (kWh/any) | L'import de l'energia consumida (€) |
|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| Unitat de condicionament de l'aire | 330.184 | 170.190 | 28.932 |
| Caldera de gas | 848.448 | 890.870 | 63.382 |
| TOTAL | 1.178.632 | 1.018.638 | 92.314 |

Instal·lació C2.

Per la instal·lació C2 s'ha calculat un import de l'energia consumida durant el primer any de funcionament és de **123.305 €** considerant el rendiment de la caldera de gasoil C del 95% (Taula 11)..

Taula 11. Resum de l'import de l'energia consumida per els equips en el primer any de funcionament de la instal·lació.

| Equip | Aportació d'energia (kWh/any) | Energia consumida (kWh/any) | L'import de l'energia consumida (€) |
|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| Unitat de condicionament de l'aire | 330.184 | 170.190 | 28.932 |
| Caldera de gasoil C | 848.448 | 890.870 | 94.373 |
| TOTAL | 1.178.632 | 1.018.638 | 123.305 |

B.1.3. Comparació de econòmica

Per poder realitzar una comparació econòmica de les tres opcions de instal·lacions s'han fixat unes dades de partida que serviran de base pel càlcul econòmic:

- Període de vida de la instal·lació: 20 anys
- Preu actual del kWh elèctric: 0,170566 €/kWh
- Augment anual del preu del kWh elèctric: 5%
- Preu actual del gas natural: 7,1146 c€/kWh
- Augment anual del preu gas natural: 5,09%
- Preu actual del gasoil C: 0,1059 €/kWh
- Augment anual del preu gasoil C: 5,02%
- Preu actual dels pèl·lets (Lignus): 0,18 €/kg
- Augment anual del preu dels pèl·lets (Lignus): 1%

B.1.3.1. Comparació de econòmica: Instal·lació A

La comparació econòmica de les tres instal·lacions inclou la inversió inicial, el manteniment anual de la instal·lació i l'import de l'energia consumida durant els vint anys de vida estimats de cada una de les instal·lacions.

Inversió inicial de la instal·lació A.

L'import de la inversió inicial en el cas de la instal·lació A és de **337.202 €**, com s'observa en la taula següent (Taula 12):

Taula 12. Inversió inicial de la instal·lació A.

| Inversió | Import (€) |
|--|------------------|
| Panell d'intercanvi de calor amb tubs de mig intermèdies i elements d'unió | 92.242,0 |
| Altres accessoris que formen el circuit de panells intercanviador de calor del clavegueram | 6.178,6 |
| Caldera de biomassa | 53.471,0 |
| Altres accessoris que formen el circuit de la caldera de biomassa | 21.972,0 |
| Bombes de calor | 45.904,0 |
| Altres accessoris que formen el circuit de les bombes de calor | 4.434,0 |
| Unitat de condicionament de l'aire de la piscina | 93.000,0 |
| TOTAL | 337.201,6 |

Manteniment anual de la instal·lació A.

Per calcular el manteniment anual de la instal·lació s'ha considerat que és el 3% de la inversió inicial. En el cas del manteniment anual de la instal·lació A és més elevat que en les altres dos instal·lacions més convencionals ja que requereix més manteniment, com per exemple la neteja dels panells intercanviadors del clavegueram.

L'import del manteniment anual de la instal·lació A és de **10.116 €**

Import de l'energia consumida.

Per realitzar el càlcul de l'import de l'energia consumida s'ha considerat dues condicions:

- L'augment del preu de la electricitat és del 5% anual.

- L'augment del preu del biocombustible pèl·let és del 1% anual.

L'import de l'energia consumida anual durant els vint anys de vida de la instal·lació per cobrir les necessitats de la instal·lació es mostra en la taula següent (Taula 13):

Taula 13. Import de l'energia consumida anuals per cobrir les necessitats de la instal·lació A.

| Any | Import de l'energia consumida per la unitat de condicionament (€) | Import de l'energia consumida per les bombes de calor (€) | Import de l'energia consumida per la caldera de biomassa (€) | Import total anual de l'energia (€) |
|-----|---|---|--|-------------------------------------|
| 1 | 28.932,0 | 4.662,0 | 32.674,0 | 66.268,0 |
| 2 | 30.378,6 | 4.708,6 | 34.307,7 | 69.394,9 |
| 3 | 31.897,5 | 4.755,7 | 36.023,1 | 72.676,3 |
| 4 | 33.492,4 | 4.803,3 | 37.824,2 | 76.119,9 |
| 5 | 35.167,0 | 4.851,3 | 39.715,5 | 79.733,8 |
| 6 | 36.925,4 | 4.899,8 | 41.701,2 | 83.526,4 |
| 7 | 38.771,6 | 4.948,8 | 43.786,3 | 87.506,7 |
| 8 | 40.710,2 | 4.998,3 | 45.975,6 | 91.684,1 |
| 9 | 42.745,7 | 5.048,3 | 48.274,4 | 96.068,4 |
| 10 | 44.883,0 | 5.098,8 | 50.688,1 | 100.669,9 |
| 11 | 47.127,2 | 5.149,7 | 53.222,5 | 105.499,4 |
| 12 | 49.483,5 | 5.201,2 | 55.883,6 | 110.568,4 |
| 13 | 51.957,7 | 5.253,3 | 58.677,8 | 115.888,8 |
| 14 | 54.555,6 | 5.305,8 | 61.611,7 | 121.473,1 |
| 15 | 57.283,4 | 5.358,8 | 64.692,3 | 127.334,5 |
| 16 | 60.147,6 | 5.412,4 | 67.926,9 | 133.486,9 |
| 17 | 63.154,9 | 5.466,6 | 71.323,2 | 139.944,7 |
| 18 | 66.312,7 | 5.521,2 | 74.889,4 | 146.723,3 |
| 19 | 69.628,3 | 5.576,4 | 78.633,9 | 153.838,6 |
| 20 | 73.109,7 | 5.632,2 | 82.565,6 | 161.307,5 |

L'import total acumulat de cada un dels 20 anys de vida que s'han fixat per la instal·lació es mostra en la següent taula (Taula 14). El càlcul de l'import acumulat de la instal·lació **A** al cap de 20 anys serà de **2.679.235 €**

Taula 14. Acumulació de l'import total (inversió, manteniment i l'import de l'energia) durant els 20 anys de vida de la instal·lació A.

| Any | Inversió inicial (€) | Manteniment (€) | Import de l'energia (€) | Import total acumulat (€) |
|--------------|----------------------|-----------------|-------------------------|---------------------------|
| 1 | 337.201,6 | 10.116,0 | 66.268,0 | 413.585,6 |
| 2 | - | 10.116,0 | 69.394,9 | 493.096,5 |
| 3 | - | 10.116,0 | 72.676,3 | 575.888,8 |
| 4 | - | 10.116,0 | 76.119,9 | 662.124,8 |
| 5 | - | 10.116,0 | 79.733,8 | 751.974,5 |
| 6 | - | 10.116,0 | 83.526,4 | 845.616,9 |
| 7 | - | 10.116,0 | 87.506,7 | 943.239,7 |
| 8 | - | 10.116,0 | 91.684,1 | 1.045.039,8 |
| 9 | - | 10.116,0 | 96.068,4 | 1.151.224,2 |
| 10 | - | 10.116,0 | 100.669,9 | 1.262.010,1 |
| 11 | - | 10.116,0 | 105.499,4 | 1.377.625,5 |
| 12 | - | 10.116,0 | 110.568,4 | 1.498.309,9 |
| 13 | - | 10.116,0 | 115.888,8 | 1.624.314,7 |
| 14 | - | 10.116,0 | 121.473,1 | 1.755.903,8 |
| 15 | - | 10.116,0 | 127.334,5 | 1.893.354,3 |
| 16 | - | 10.116,0 | 133.486,9 | 2.036.957,2 |
| 17 | - | 10.116,0 | 139.944,7 | 2.187.017,9 |
| 18 | - | 10.116,0 | 146.723,3 | 2.343.857,2 |
| 19 | - | 10.116,0 | 153.838,6 | 2.507.811,9 |
| 20 | - | 10.116,0 | 161.307,5 | 2.679.235,4 |
| TOTAL | | | | 2.679.235,4 |

B.1.3.2. Comparació de econòmica: Instal·lació C1

Inversió inicial de la instal·lació C1.

L'import de la inversió inicial en el cas de la instal·lació C1 és de **118.142 €** com s'observa en la taula següent (Taula 15):

Taula 15. Inversió inicial de la instal·lació C1.

| Inversió | Import (€) |
|--|-------------------|
| Dues calderes de gas natural (Climapres 215 kW de la marca Lasian) | 10.724,0 |
| Dos cremador per la caldera de gas natural | 5.500,0 |
| Quadre de comandament caldera | 1.255,0 |
| Altres accessoris que formen el circuit de la caldera | 7.663,0 |
| Unitat de condicionament de l'aire de la piscina | 93.000,0 |
| TOTAL | 118.142,0 |

Manteniment anual de la instal·lació C1.

Per calcular el manteniment anual de la instal·lació s'ha considerat que és el 1% de la inversió inicial. El càlcul del manteniment anual de la instal·lació C1 ha resultat ser de **1.184 €**

Import de l'energia consumida de la instal·lació C1.

Per realitzar el càlcul de l'import de l'energia consumida s'ha considerat dues condicions:

- L'augment del preu de la electricitat és del 5% anual.
- L'augment del preu del gas natural és del 5,09% anual.

L'import de l'energia consumida anual durant els vint anys de vida de la instal·lació per cobrir les necessitats de la instal·lació es pot observar en la taula següent (Taula 16):

Taula 16. Import total anual de l'energia consumida anuals per cobrir les necessitats de la instal·lació C1.

| Any | Import de l'energia consumida per la unitat de condicionament (€) | Import de l'energia consumida per la caldera gas natural (€) | Import total anual de l'energia (€) |
|-----|---|--|-------------------------------------|
| 1 | 28.932,0 | 63.382,0 | 92.314,0 |
| 2 | 30.378,6 | 66.608,1 | 96.986,7 |
| 3 | 31.897,5 | 69.998,5 | 101.896,0 |
| 4 | 33.492,4 | 73.561,4 | 107.053,8 |
| 5 | 35.167,0 | 77.305,7 | 112.472,7 |
| 6 | 36.925,4 | 81.240,6 | 118.166,0 |
| 7 | 38.771,6 | 85.375,7 | 124.147,3 |
| 8 | 40.710,2 | 89.721,3 | 130.431,5 |
| 9 | 42.745,7 | 94.288,1 | 137.033,8 |
| 10 | 44.883,0 | 99.087,4 | 143.970,4 |
| 11 | 47.127,2 | 104.131,0 | 151.258,2 |
| 12 | 49.483,5 | 109.431,2 | 158.914,7 |
| 13 | 51.957,7 | 115.001,3 | 166.959,0 |
| 14 | 54.555,6 | 120.854,8 | 175.410,4 |
| 15 | 57.283,4 | 127.006,3 | 184.289,7 |
| 16 | 60.147,6 | 133.471,0 | 193.618,6 |
| 17 | 63.154,9 | 140.264,6 | 203.419,5 |
| 18 | 66.312,7 | 147.404,1 | 213.716,8 |
| 19 | 69.628,3 | 154.907,0 | 224.535,3 |
| 20 | 73.109,7 | 162.791,7 | 235.901,4 |

L'import acumulat de cada un dels 20 anys de vida que s'han fixat per la instal·lació es resumeix a continuació (Taula 17) així com l'import acumulat de la instal·lació C1 al cap de 20 anys de **3.214.318 €**

Taula 17. Acumulació de l'import total acumulat (inversió, manteniment i l'import de l'energia) durant els 20 anys de vida de la instal·lació C1.

| Any | Inversió (€) | Manteniment (€) | Import anual de l'energia (€) | Import total acumulat (€) |
|--------------|--------------|-----------------|-------------------------------|---------------------------|
| 1 | 118.142,0 | 1.184,0 | 92.314,0 | 211.640,0 |
| 2 | - | 1.184,0 | 96.986,7 | 309.810,7 |
| 3 | - | 1.184,0 | 101.896,0 | 412.890,7 |
| 4 | - | 1.184,0 | 107.053,8 | 521.128,6 |
| 5 | - | 1.184,0 | 112.472,7 | 634.785,3 |
| 6 | - | 1.184,0 | 118.166,0 | 754.135,2 |
| 7 | - | 1.184,0 | 124.147,3 | 879.466,5 |
| 8 | - | 1.184,0 | 130.431,5 | 1.011.082,0 |
| 9 | - | 1.184,0 | 137.033,8 | 1.149.299,9 |
| 10 | - | 1.184,0 | 143.970,4 | 1.294.454,3 |
| 11 | - | 1.184,0 | 151.258,2 | 1.446.896,5 |
| 12 | - | 1.184,0 | 158.914,7 | 1.606.995,2 |
| 13 | - | 1.184,0 | 166.959,0 | 1.775.138,2 |
| 14 | - | 1.184,0 | 175.410,4 | 1.951.732,6 |
| 15 | - | 1.184,0 | 184.289,7 | 2.137.206,3 |
| 16 | - | 1.184,0 | 193.618,6 | 2.332.008,9 |
| 17 | - | 1.184,0 | 203.419,5 | 2.536.612,4 |
| 18 | - | 1.184,0 | 213.716,8 | 2.751.513,3 |
| 19 | - | 1.184,0 | 224.535,3 | 2.977.232,5 |
| 20 | - | 1.184,0 | 235.901,4 | 3.214.318,0 |
| TOTAL | | | | 3.214.318,0 |

B.1.3.3. Comparació de econòmica: Instal·lació C2

Inversió inicial de la instal·lació C2.

L'import de la inversió inicial en el cas de la instal·lació C2 és de **115.238 €**, com s'observa en la taula següent (Taula 18):

Taula 18. Inversió inicial de la instal·lació C2.

| Inversió | Import (€) |
|---|------------------|
| Dues calderes de gasoil (Climapres 215 kW de la marca Lasian) | 10.724,0 |
| Dos cremador per la caldera de gasoil | 2.596,0 |
| Quadre de comandament caldera | 1.255,0 |
| Altres accessoris que formen el circuit de la caldera | 7.663,0 |
| Unitat de condicionament de l'aire de la piscina | 93.000,0 |
| TOTAL | 115.238,0 |

Manteniment anual de la instal·lació C2.

Per calcular el manteniment anual de la instal·lació s'ha considerat que és el 1% de la inversió inicial.

El manteniment anual de la instal·lació C2 és de **1.152 €**

Import de l'energia consumida de la instal·lació C2.

Per realitzar el càlcul l'import de l'energia consumida s'ha considerat dues condicions:

- L'augment del preu de la electricitat és del 5% anual.
- L'augment del preu del gas natural és del 5,02% anual.

L'import de l'energia consumida anual durant els vint anys de vida de la instal·lació per cobrir les necessitats de la instal·lació es poden observar en la taula següent (Taula 19):

Taula 19. Import de l'energia consumida anuals per cobrir les necessitats de la instal·lació C1.

| Any | Import de l'energia consumida per la unitat de condicionament (€) | Import de l'energia consumida per la caldera gasoil C (€) | Import anual total (€) |
|-----|---|---|------------------------|
| 1 | 28.932,0 | 94.373 | 123.305,0 |
| 2 | 30.378,6 | 99.110,5 | 129.489,1 |
| 3 | 31.897,5 | 104.085,9 | 135.983,4 |
| 4 | 33.492,4 | 109.311,0 | 142.803,4 |
| 5 | 35.167,0 | 114.798,4 | 149.965,4 |
| 6 | 36.925,4 | 120.561,3 | 157.486,7 |
| 7 | 38.771,6 | 126.613,5 | 165.385,1 |
| 8 | 40.710,2 | 132.969,4 | 173.679,6 |
| 9 | 42.745,7 | 139.644,5 | 182.390,2 |
| 10 | 44.883,0 | 146.654,7 | 191.537,7 |
| 11 | 47.127,2 | 154.016,7 | 201.143,9 |
| 12 | 49.483,5 | 161.748,4 | 211.231,9 |
| 13 | 51.957,7 | 169.868,1 | 221.825,8 |
| 14 | 54.555,6 | 178.395,5 | 232.951,1 |
| 15 | 57.283,4 | 187.351,0 | 244.634,4 |
| 16 | 60.147,6 | 196.756,0 | 256.903,6 |
| 17 | 63.154,9 | 206.633,1 | 269.788,0 |
| 18 | 66.312,7 | 217.006,1 | 283.318,8 |
| 19 | 69.628,3 | 227.899,8 | 297.528,1 |
| 20 | 73.109,7 | 239.340,4 | 312.450,1 |

En la taula següent es mostra el total de l'import acumulat de cada un dels 20 anys de vida que s'han fixat per la instal·lació (Taula 19). El càlcul de l'import total acumulat de la instal·lació C2 al cap de 20 anys serà de 4.222.719 €.

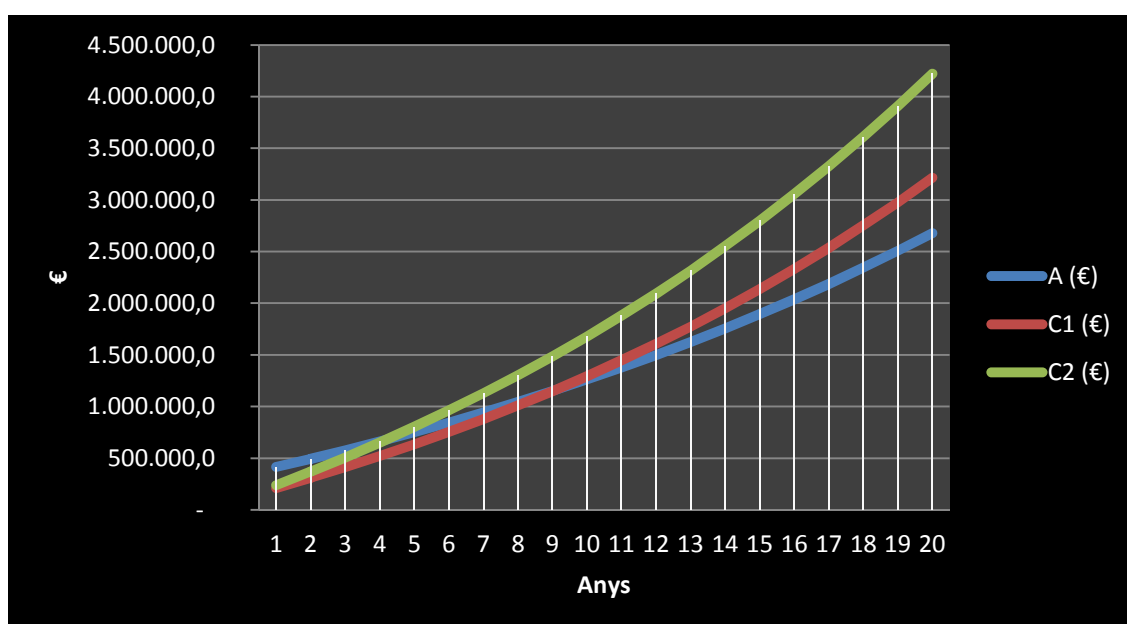
Taula 20. Acumulació de l'import total acumulat (inversió, manteniment i l'import de l'energia) durant els 20 anys de vida de la instal·lació C2.

| Any | Inversió (€) | Manteniment (€) | Import anual d'energia (€) | Import total acumulat (€) |
|--------------|--------------|-----------------|----------------------------|---------------------------|
| 1 | 115.238,00 | 1.184,0 | 123.305,0 | 239.727,0 |
| 2 | - | 1.184,0 | 129.489,1 | 370.400,1 |
| 3 | - | 1.184,0 | 135.983,4 | 507.567,5 |
| 4 | - | 1.184,0 | 142.803,4 | 651.554,9 |
| 5 | - | 1.184,0 | 149.965,4 | 802.704,3 |
| 6 | - | 1.184,0 | 157.486,7 | 961.375,0 |
| 7 | - | 1.184,0 | 165.385,1 | 1.127.944,0 |
| 8 | - | 1.184,0 | 173.679,6 | 1.302.807,6 |
| 9 | - | 1.184,0 | 182.390,2 | 1.486.381,9 |
| 10 | - | 1.184,0 | 191.537,7 | 1.679.103,5 |
| 11 | - | 1.184,0 | 201.143,9 | 1.881.431,5 |
| 12 | - | 1.184,0 | 211.231,9 | 2.093.847,3 |
| 13 | - | 1.184,0 | 221.825,8 | 2.316.857,2 |
| 14 | - | 1.184,0 | 232.951,1 | 2.550.992,3 |
| 15 | - | 1.184,0 | 244.634,4 | 2.796.810,7 |
| 16 | - | 1.184,0 | 256.903,6 | 3.054.898,3 |
| 17 | - | 1.184,0 | 269.788,0 | 3.325.870,3 |
| 18 | - | 1.184,0 | 283.318,8 | 3.610.373,1 |
| 19 | - | 1.184,0 | 297.528,1 | 3.909.085,3 |
| 20 | - | 1.184,0 | 312.450,1 | 4.222.719,4 |
| TOTAL | | | | 4.222.719,4 |

Per poder comparar millor cada alternativa s'han fet un resum del cost acumulat durant els 20 anys per cada una de les tres alternatives (Taula 21; Gràfic 3). S'observa, que l'opció escollida (A) té una inversió i un manteniment anual més elevat que les altres dues opcions, però durant el període de vida s'amortitza aquest major cost ja que incorpora elements alternatius que impliquen un estalvi d'energia. Es pot observar que a partir del cinquè any de funcionament de la instal·lació l'opció (A) ja és més rentable que l'opció (C1) i a partir del desè any també es més rentable que l'opció (C2).

Taula 21. Comparació de cada any de l'import total acumulat de la instal·lació segons sigui opció A, C1, C2.

| Any | Total opció A (€) | Total opció C1 (€) | Total opció C2 (€) |
|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1 | 413.585,6 | 211.640,0 | 239.727,0 |
| 2 | 493.096,5 | 309.810,7 | 370.400,1 |
| 3 | 575.888,8 | 412.890,7 | 507.567,5 |
| 4 | 662.124,8 | 521.128,6 | 651.554,9 |
| 5 | 751.974,5 | 634.785,3 | 802.704,3 |
| 6 | 845.616,9 | 754.135,2 | 961.375,0 |
| 7 | 943.239,7 | 879.466,5 | 1.127.944,0 |
| 8 | 1.045.039,8 | 1.011.082,0 | 1.302.807,6 |
| 9 | 1.151.224,2 | 1.149.299,9 | 1.486.381,9 |
| 10 | 1.262.010,1 | 1.294.454,3 | 1.679.103,5 |
| 11 | 1.377.625,5 | 1.446.896,5 | 1.881.431,5 |
| 12 | 1.498.309,9 | 1.606.995,2 | 2.093.847,3 |
| 13 | 1.624.314,7 | 1.775.138,2 | 2.316.857,2 |
| 14 | 1.755.903,8 | 1.951.732,6 | 2.550.992,3 |
| 15 | 1.893.354,3 | 2.137.206,3 | 2.796.810,7 |
| 16 | 2.036.957,2 | 2.332.008,9 | 3.054.898,3 |
| 17 | 2.187.017,9 | 2.536.612,4 | 3.325.870,3 |
| 18 | 2.343.857,2 | 2.751.513,3 | 3.610.373,1 |
| 19 | 2.507.811,9 | 2.977.232,5 | 3.909.085,3 |
| 20 | 2.679.235,4 | 3.214.318,0 | 4.222.719,4 |
| TOTAL | 2.679.235,4 | 3.214.318,0 | 4.222.719,4 |



Gràfic 3. Comparació de l'import total acumulat segons l'opció per cobrir la instal·lació sigui A, C1, C2.

B.2. Rendibilitat econòmica

La rendibilitat econòmica del present projecte també s'analitza mitjançant el càlcul del paràmetres clàssics:

- VAN: Valor actual net.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

On,
VAN és el valor actual net
V_t és el flux de caixa en cada període t
I₀ és el valor inversió inicial
k és el tipus d'interès
t és el nombre de període considerat

- TIR: Tassa interna de rendibilitat.

$$\sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+TIR)^t} - I_0 = 0$$

On,
TIR és la tassa interna de rendibilitat
V_t és el flux de caixa en cada període t
I₀ és el valor inversió inicial
t és el nombre de període considerat

- PR: Període de retorn.

$$\sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 = 0$$

On,
V_t és el flux de caixa en cada període t
I₀ és el valor inversió inicial
k és el tipus d'interès
t és el nombre de període considerat

En aquest estudi només s'ha tingut en compte únicament el sobrepreu provocat per la instal·lació plantejada respecte a l'opció convencional C1 (utilitzant una caldera de gas natural). El fluxos de caixa anuals es calculen a partir de la resta de l'import del manteniment anual als beneficis en estalvi d'energia que impliquen els elements alternatius de la instal·lació tal i com s'observa en la taula següent (Taula 22). Interès bancari s'ha fixat el valor 1% (BCE, 08/12/2011).

Taula 22. Flux de caixa de la instal·lació escollida.

| Període | Inversió inicial (€) | Manteniment (€) | Beneficis (€) | Flux de caixa (€) |
|---------|----------------------|-----------------|---------------|-------------------|
| 0 | -219.059,80 | - | - | -219.060 |
| 1 | - | -10.116 | 26.046 | 15.930 |
| 2 | - | -10.116 | 27.592 | 17.476 |
| 3 | - | -10.116 | 29.220 | 19.104 |
| 4 | - | -10.116 | 30.934 | 20.818 |
| 5 | - | -10.116 | 32.739 | 22.623 |
| 6 | - | -10.116 | 34.640 | 24.524 |
| 7 | - | -10.116 | 36.641 | 26.525 |
| 8 | - | -10.116 | 38.747 | 28.631 |
| 9 | - | -10.116 | 40.965 | 30.849 |
| 10 | - | -10.116 | 43.301 | 33.185 |
| 11 | - | -10.116 | 45.759 | 35.643 |
| 12 | - | -10.116 | 48.346 | 38.230 |
| 13 | - | -10.116 | 51.070 | 40.954 |
| 14 | - | -10.116 | 53.937 | 43.821 |
| 15 | - | -10.116 | 56.955 | 46.839 |
| 16 | - | -10.116 | 60.132 | 50.016 |
| 17 | - | -10.116 | 63.475 | 53.359 |
| 18 | - | -10.116 | 66.994 | 56.878 |
| 19 | - | -10.116 | 70.697 | 60.581 |
| 20 | - | -10.116 | 74.594 | 64.478 |

En la taula (Taula 23) s'observa que al cap de 20 anys el valor actual net (**VAN**) és de **420.815 €** la taxa interna de rendibilitat (**TIR**) és de **11%** i el període de retorn (**PR**) és de 10 anys.

Taula 23. Resultats del VAN, TIR, PR de la instal·lació escollida. En la taula es reflecteixen els valors mensuals de VAN (Valor actual net, expressat en €), TIR (Taxa interna de rendibilitat, expressada en %) i PR (període de retorn, expressat en anys).

| Paràmetres clàssics pel càlcul de la rendibilitat econòmica | Valor |
|---|-----------|
| Valor actual net (VAN) | 420.815 € |
| Taxa interna de rendibilitat (TIR) | 11% |
| Període de retorn (PR) | 10 anys |